

Современные геологические процессы

УДИНСКАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВИЗАЦИЯ 2017–2018 гг.

В юго-восточной части Ключеской группы вулканов (КГВ) находятся два крупных потухших стратовулкана: Большая Удина¹ и Малая Удина², которые вместе с несколькими экструзивными куполами составляют единую Удинскую группу (рис. 1). Состав пород Удинских вулканов предполагает формирование их исходной магмы в коровой обстановке, то есть представляется вероятным существование единого малоглубинного промежуточного магматического очага (Максимов, 1976; Тимербаева, 1967).

В работе (Кулаков и др., 2017) на основании новых сейсмотомографических данных обсуждается возможная связь между магматическими питающими системами вулкана Плоский Толбачик и Удинских вулканов и отмечено, что потухший вулкан Большая Удина «в ближайшее время может проснуться» (Кулаков и др., 2017, стр. 311).

Вулканы Большая Удина и Малая Удина значительно менее изучены по сравнению с другими вулканами КГВ.

В ходе детальных сейсмологических наблюдений (с 1962 г.) в данной области фиксировалась только слабая сейсмическая активность. Так с 1962 по 1998 г. под Удинскими вулканами по данным камчатского каталога³ землетрясений было зафиксировано всего два землетрясения 29.04.1976 г. $K_s = 8.5$ и 02.07.1994 г. $K_s = 6.7$ (K_s — класс по энергетической классификации С.А. Федотова (Федотов, 1972)).

Для анализа сейсмичности Удинской группы вулканов нами определена эллиптическая зона с параметрами: главные оси — $a = 11.4$ км, $b = 9.4$ км, азимут большей оси $\alpha = -35^\circ$ (рис. 1). Здесь с 01.01.1999 г. по 01.10.2017 г. (до начала активизации) зафиксировано еще 63 землетрясения. Причем с 01.01.2009 г. по 01.10.2017 г. скорость

сейсмического потока была постоянна: происходило в среднем одно землетрясение представительного класса $K_s \geq 4.2$ в два месяца.

С октября 2017 г. в районе Удинской группы вулканов наблюдается сейсмическая активизация: за прошедшие полгода было здесь зафиксировано ~350 землетрясений, из них ~120 с $K_s \geq 4.2$. Максимальный энергетический класс землетрясений — $K_s = 7.5$ (22.03.2018 г.). В октябре–декабре 2017 г. скорость сейсмического потока увеличилась в 20 раз, а в январе–марте 2018 г. еще в 4–5 раз. Сейсмическая энергия, выделившаяся с октября 2017 г., составила $7.88 \cdot 10^7$ Дж. Большинство событий (75%) произошло на глубинах до 10 км. Точность определения составила в среднем 2.7 км для эпицентров и 3.7 км по глубине.

Значимость активизации проанализирована по методике статистической оценки уровня сейсмичности СОУС'09 (Салтыков, 2011), применяющейся для мониторинга сейсмичности Камчатки (Салтыков и др., 2013). В октябре 2017 г. зафиксирован рост сейсмичности с выходом на *высокий* уровень с последующим достижением *экстремально высокого* уровня в ноябре во всех рассматриваемых временных окнах (рис. 2). В настоящее время (конец марта 2018 г.) сейсмическая активизация в районе вулкана Удина продолжается, и уровень сейсмичности характеризуется как *экстремально высокий* во всех рассматриваемых временных окнах.

В последние годы в мире повысился интерес к геоиндикатору volcanic unrest, который рассматривается как отклонение от обычного, фоновое, поведения вулкана (Diefenbach et al., 2009; Phillipson et al., 2013). Индикаторами volcanic unrest обычно выступают активизация сейсмичности, аномалии деформации земной коры, изменения газового состава фумарол, появление на вулканах новых термоаномалий и другие признаки. По данным исследования (Phillipson et al., 2013) 64% различных зафиксированных на вулканах аномалий, рассматриваемых как volcanic unrest, заканчиваются извержениями. Извержение нельзя исключить и в нашем случае, так как длительная Удинская сейсмическая активизация свидетельствует о нарушении стационарного

¹ <http://geoportal.kscnet.ru/volcanoes/volc.php?name=Bolshaya%20Udina>

² <http://geoportal.kscnet.ru/volcanoes/volc.php?name=Malaya%20Udina>

³ Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Единая информационная система сейсмологических данных, <http://www.emsd.ru/sdis>

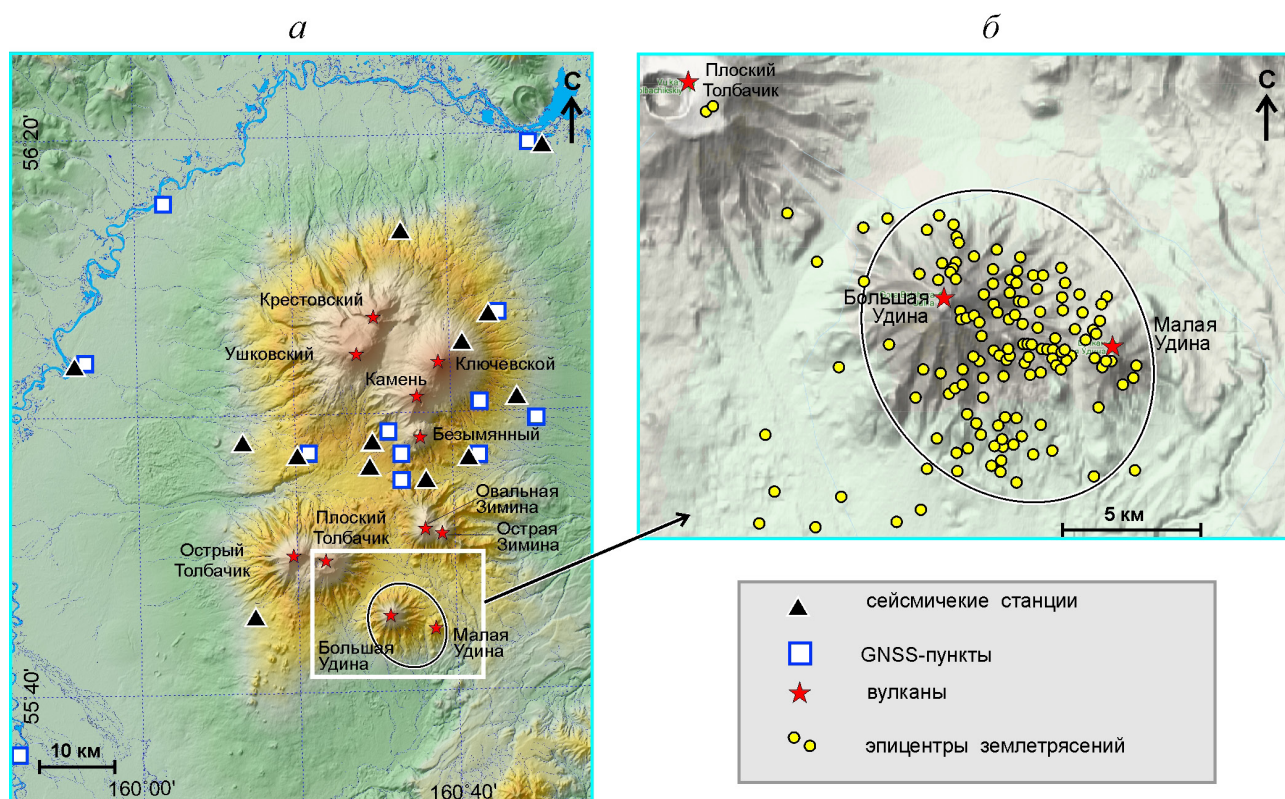


Рис. 1. Удинская сейсмическая активизация 2017–2018 гг. Сеть сейсмологических и геодеформационных наблюдений в районе Ключевской группы вулканов (а). Карта эпицентров землетрясений в районе Удинских вулканов с 01.10.2017 г. по 22.03.2018 г. с $K_s \geq 4.2$ (б). Эллипс оконтуривает область, для которой проведен анализ параметров сейсмического режима.

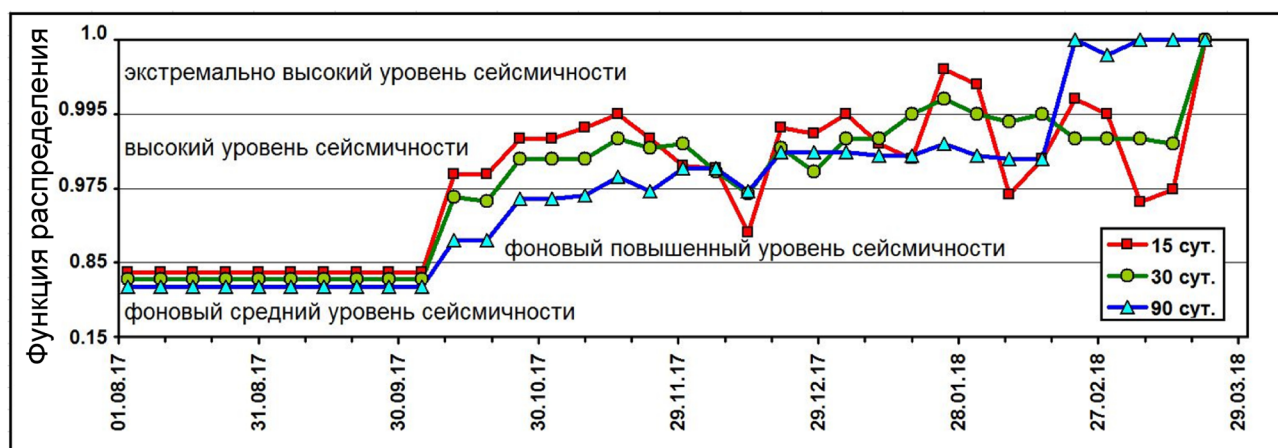


Рис. 2. Временной ход уровня сейсмичности по шкале СОУС'09 в скользящем временном окне указанного размера. Расчеты проведены для области, оконтуренной эллипсом на рис. 1.

состояния среды под юго-восточным сектором КГВ, что может быть связано с внедрением магмы под Удинские вулканы.

С октября 2017 г. оценки уровня сейсмичности Удинских вулканов еженедельно передаются в Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС). С февраля 2018 г. КФ РЭС регулярно информирует МЧС Камчатского края о развитии Удин-

ской сейсмической активизации. Расчеты уровня сейсмичности для Удинской зоны проводятся ежедневно.

Таким образом, по данным Камчатской системы сейсмического мониторинга под Удинской группой вулканов выявлена и контролируется аномалия сейсмического режима, не имеющая аналогов в практике сейсмологических наблюдений за этими вулканами. Сейсмическая аномалия представляет собой статистически

значимую сейсмическую активизацию низкого энергетического уровня (преимущественно $K_s = 4.2-7.5$) под Удинскими вулканами на глубине до 20 км. Уровень сейсмичности в течение ~6 месяцев находится на *высоком — экстремально высоком* уровне по шкале СОУС'09 (октябрь 2017 г. — март 2018 г.).

В настоящее время в районе Ключевской группы вулканов работают 13 сейсмостанций Камчатской региональной сети (рис. 1). Ближайшие станции GNSS располагаются на расстоянии ~20–25 км к северу от Удинской активизации в секторе с углом примерно в 90° (в окрестностях вулкана Безымянный), а ближайшие сейсмостанции находятся на расстоянии ~20 км. Таким образом, система мониторинга в имеющейся конфигурации является неоптимальной для локации землетрясений и исследования деформаций южной части Ключевской группы вулканов. Для повышения точности координат землетрясений в районе Удинских вулканов необходимо дополнительно развернуть две-три постоянные сейсмические станции и организовать временные наблюдения дополнительными сейсмическими станциями.

Трещинное Толбачинское извержение 2012–2013 гг. продемонстрировало необходимость развития системы комплексного мониторинга активности КГВ в южном направлении. Активизация сейсмичности под Удинскими вулканами, свидетельствующая о возможном возобновлении их вулканической активности, подтверждает актуальность форсирования этих работ.

Список литературы

- Кулаков И.Ю., Гордеев Е.И., Добрецов Н.Л. и др. Сейсмотомографические реконструкции земной коры и канала магматического питания // Толбачинское трещинное извержение 2012–2013 гг. (ТТИ-50) / Отв. ред. Е.И. Гордеев, Н.Л. Добрецов. Новосибирск: Из-во СО РАН, 2017. С. 293–314.
- Максимов А.П. Геохимические особенности вулканов Удинской группы // Глубинное строение, сейсмичность и современная деятельность Ключевской группы вулканов / Отв. ред. Б.В. Иванов, С.Т. Балеста. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 77–84.
- Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2011. № 2. С. 53–59.
- Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А., Кравченко Н.М., Коновалова А.А. Параметрическое представление динамики сейсмичности Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2013. № 1. С. 65–84.
- Тимербаева К.М. Петрология Ключевских вулканов на Камчатке. М.: Наука, 1967. 208 с.
- Федотов С.А. Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М.: Наука, 1972. 116 с.
- Diefenbach A., Guffanti M., Ewert J. Chronology and references of volcanic eruptions and selected unrest in the United States, 1980–2008. Open-File Report 2009–1118. U.S. Geological Survey, 2009. 85 p.
- Phillipson G., Sobradelo R., Gottsmann J. Global volcanic unrest in the 21st century: An analysis of the first decade // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2013. V. 264. P. 183–196.
- В.А. Салтыков, П.В. Воронаев, Ю.А. Кугаенко, Д.В. Чебров
Камчатский филиал Федерального
исследовательского центра
«Единая геофизическая служба
Российской академии наук»